

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-197264

(43)Date of publication of application : 31.07.1997

(51)Int.Cl.

G02B 13/00
G02B 13/18
G11B 7/135

(21)Application number : 08-020377

(71)Applicant : MARK:KK

(22)Date of filing : 11.01.1996

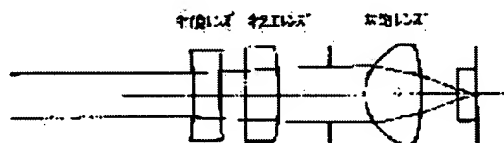
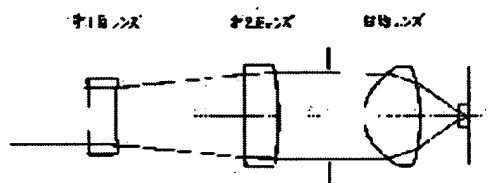
(72)Inventor : FUJIOKA IWATATSU

(54) OBJECTIVE OPTICAL SYSTEM VARIABLE IN THICKNESS OF DISK SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to deal with many disk substrate thicknesses with a simple mechanism, to eliminate the loss of light quantity and to obtain good performance by ameliorating aberrations by changing the spacing on the optical axis of a first negative lens and a second positive lens for an increase in the aberrations occurring in the change in the thickness of the disk substrate and executing focusing by slightly moving an objective lens on the optical axis for movement of an image point position.

SOLUTION: The first negative lens, the second positive lens, the objective lens and the disk substrate are arranged on the optical axis successively from a collimator side. For the change in the thickness of the disk substrate, the aberrations are ameliorated by changing the axial spacing of the first negative lens and the second positive lens. The conditions of the following equations I to IV are satisfied when the focal length of the first negative lens is defined as f_{c1} , the focal length of the second positive lens as f_{c2} , the focal length of the objective lens as f_M and the radii of curvature of the first negative lens and the second positive lens are successively defined as r_1 to r_4 : $-f_{c1} < f_{c2} \dots$ (I), $r_1 < 0 \dots$ (II), $1.3r_2 < |r_3| \dots$ (III), $2f_M < -f_{c1} \dots$ (IV).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.08.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.12.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-197264

(43) 公開日 平成9年(1997) 7月31日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G02B 13/00			G02B 13/00	
13/18			13/18	
G11B 7/135			G11B 7/135	A

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全31頁)

(21) 出願番号 特願平8-20377

(22) 出願日 平成8年(1996) 1月11日

(71) 出願人 591183418

株式会社マーク

東京都中野区江古田 1丁目38番6号

(72) 発明者 藤陵 嚴達

東京都東久留米市滝山 5丁目15番17号

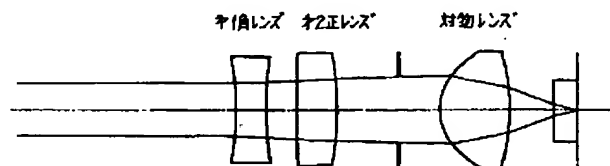
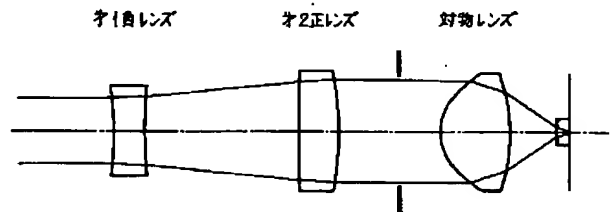
(74) 代理人 弁理士 井ノ口 壽

(54) 【発明の名称】 ディスク基板厚み可変の対物光学系

(57) 【要約】

【課題】 構成枚数も少なく、極めて簡単な構成にもかかわらず、高密度大容量の光情報媒体の記録、再生において多数のディスク基板の厚みの連続変化にも充分対応し、性能の良好な対物光学系を提供する。

【解決手段】 コリメータからの平行光束に対し、順次に第1負レンズ、第2正レンズ、対物レンズおよびディスク基板が配置され、ディスク基板の厚みの変化に起因する収差の増大に対しては、上記第1負レンズと第2正レンズの光軸上の間隔を変更することにより収差を良好とし、ディスク基板の厚みの変化による像点位置の移動には、対物レンズを光軸上で微少移動することにより合焦する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コリメータからの平行光束に対し順次に第1負レンズ、第2正レンズ、対物レンズおよびディスク基板が配置され、ディスク基板の厚みの変化に起因する収差の増大に対しては上記第1負レンズと第2正レンズの光軸上の間隔を変更することにより収差を良好とし、ディスク基板の厚みの変化による像点位置の移動には対物レンズを光軸上で微少移動することにより合焦することを特徴とするディスク基板厚み可変の対物光学系。

【請求項2】 請求項1に記載の対物光学系において、

$$\begin{aligned} -f_{c1} &< f_{c2} \\ r_1 &< 0 \\ 1. \quad 3r_1 &< |r_2| \\ 2. \quad f_1 &< -f_{c1} \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とするディスク基板厚み可変の対物光学系。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載の対物光学系において、対物レンズは収差補正の基準となる特定ディスク基板厚との組合せにおいて、無限遠物体からの平行光束に対して収差を良好とするものの他、有限距離物体からの発散光束に対して収差を良好とするもの、および対物レンズの像側方向の物体に向かう収斂光束（超無限遠光束）に対して収差を良好とするもののいずれでも良いことを特徴とするディスク基板厚み可変の対物光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、大容量の光情報媒体の記録、再生に適した対物光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】 高密度、大容量の光情報媒体の記録、再生には対物レンズのNAを大きくすることが有効であるが、このときレンズの光軸の傾きにより、収差発生量が增大する。これを防ぐには光ディスク基板の厚みを薄くすることが有利である。以上の理由で近年ディスク基板の厚みを薄くすることが試みられている。一方、現在普及しているコンパクトディスク（CD）は、ディスク基板の厚みは1.2mmと厚い。この現在のコンパクトディスクと高密度光ディスク（SD）の両方を記録、再生できる光ディスク装置が必要となった。しかるに、ディスクの基板厚みが変化すると球面収差が著しく変化するため、コンパクトディスク（CD）と高密度光ディスク（SD）の両方を1つの対物光学系で満足することは不可能であった。

【0003】 最近、対物レンズにホログラムレンズを付加することにより、多焦点を得る方法として特開平7-198909号公報、特開平7-98431号公報等があるが、回折による光量低下の欠点を逃れることはできない。また特開平7-153110号公報にはコリメー

ディスク基板の厚みが増加するときは第1負レンズと第2正レンズの光軸上の間隔を減少させ、ディスク基板の厚みが減少するときは第1負レンズと第2正レンズの光軸上の間隔を増加させることを特徴とするディスク基板厚み可変の対物光学系。

【請求項3】 請求項1または2に記載の対物光学系において、第1負レンズの焦点距離を f_{c1} 、第2正レンズの焦点距離を f_{c2} 、対物レンズの焦点距離を f_1 、第1負レンズと第2正レンズの曲率半径を順次に r_1 、

10 r_2 、 r_3 、 r_4 とするとき

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

タレンズと対物レンズの間に負の非球面を持つ補正板を挿入することにより、ディスク基板の厚みの変更に対処する方法が開示されているが、ディスク基板厚みが異なる数だけ、それに対応した補正板が必要であり、その出し入れの機構も複雑となる。また、ディスク基板と対物レンズのセットを交換する方法も行われているようであるが、ディスク基板の厚みが異なる数だけ対物レンズとのセットが必要であり、経済性の悪化と機構の複雑さは免れない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は簡単な機構により異なった多数のディスク基板厚みに対応し、光量の損失もなく、しかも良好な性能が得られる方法を提供するものである。

30 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明はレーザ光源からの発散光束がコリメータにより平行光になった光束を受けて結像する対物光学系において、ディスク基板の厚みの変化により増大する収差を除去し、多数のディスク基板の厚みにも充分良好な性能が得られる光学系を極めて簡単な構成で得られるものである。すなわち、本発明はコリメータ側より順次に光軸上第1負レンズ、第2正レンズ、対物レンズおよびディスク基板が配置され、ディスク基板の厚みの変化に対しては、上記第1負レンズと第2正レンズの軸上間隔を変化させることにより、収差を良好とするものである。

【0006】 本発明のディスク基板の厚みの変化に対し、収差補正が良好にできる理由を以下に説明する。ここでディスク基板の厚みの変化は対物レンズの球面収差を著しく変化させることは当業界では周知であることを前提とする。

（説明1） 正の対物レンズの球面収差は入射する光の物体距離によって変化する。無限遠物体に対する球面収差に対し、物体が有限距離で正の対物レンズに近づくほど、補正不足の球面収差が増大する。すなわち、球面収

差の近点変化であり、この逆の超無限遠光束に対しても成り立つ。

(説明 2) 正の対物レンズは、ディスク基板の厚みの変化により球面収差は著しく変化する。ディスク基板の厚みが厚くなると補正過剰の球面収差が増大し、逆に薄くなると補正不足の球面収差が増大する。前記説明 1 により物体位置を変化させるときは球面収差が変化するので、異なったディスク基板厚みに対し、それぞれ球面収差が良好となる物体位置が存在する。

(説明 3) 対物レンズに前置の第 1 負レンズと第 2 正レンズの光軸上の間隔を変化させるときは、その合成レンズの焦点距離も変化するが、像点位置も変化する。

【0007】以上のことを総合、考察、集大成することにより、本発明が生じたものである。大容量の光情報媒体の記録、再生のためには、対物レンズは高 NA とし、ディスク基板の厚みは小さい値を特定し、この組合せのもとに収差を極限まで除去する。この場合、対物レンズに入射する光束は無限遠物体からの平行光束、有限距離物体からの発散光束、および対物レンズの像側方向の物体に向かう収斂光束(超無限遠光束)のいずれでも良い。

【0008】次に本発明の光学系におけるレンズ配置について、図 1 を参照しながら説明する。対物レンズが前記の特定ディスク基板厚みと組合せられている場合は、コリメータからの平行光束を受ける第 1 負レンズと第 2 正レンズによって作られる像点は対物レンズの設計時に用いられた物体距離の近傍に得られるように第 1 負レンズと第 2 正レンズの光軸上の間隔を定める。この場合、第 2 正レンズと対物レンズの光軸上の距離はあまり問題にならない。簡単のために、対物レンズと特定ディスク基板厚みとの組合せが無限遠物体からの平行光束に対して収差が補正されている場合について述べる。

【0009】(a) ディスク基板厚みが特定値の場合第 1 負レンズの後側焦点位置と第 2 正レンズの前側焦点位置が合致する近傍に両者の光軸上の間隔を定める。

(b) ディスク基板厚みが特定値より厚い場合球面収差が補正過剰となる。第 1 負レンズと第 2 正レンズとの光軸上の間隔を狭めることにより、コリメータからの平行光束は有限物体からの発散光束となって、対物レンズに入射する。前記説明 2 においてディスク基板厚みに対し、球面収差が良好となる対物レンズの物体距離の近傍になるように第 1 負レンズと第 2 正レンズの光軸上の間隔を定める。この場合、第 1 負レンズを像側に移動するか、第 2 正レンズを光源側に近づけるか、または、上記第 1 負レンズと第 2 正レンズの双方を光軸上で移動しても良い。

(c) ディスク基板厚みが特定値より薄い場合球面収差は補正不足となる。第 1 負レンズと第 2 正レンズとの光軸上の間隔を広げることによりコリメータからの平行光束は対物レンズの像側方向の点に向かう収斂光

束(超無限遠光束)となって対物レンズに入射する。前記説明 2 において、ディスク基板厚みに対し球面収差が良好となる対物レンズの物体距離の近傍になるように第 1 負レンズと第 2 正レンズとの光軸上の間隔を定める。この場合、第 1 負レンズを光源側に近づけるか、第 2 正レンズを像側へ移動するか、または上記第 1 負レンズと第 2 正レンズ双方を光軸上で移動しても良い。

【0010】以上 (a), (b), (c) の方法は、対物レンズと特定ディスク基板厚みとの組合せの設計基準の物体距離が有限距離からの発散光束の場合、および対物レンズの像側方向の点に向かう収斂光束(超無限遠光束)に対した場合においても成り立つ。これまでに述べた方法により高密度、大容量、高 NA において、ディスク基板の厚みの変化に対しても球面収差は極めて良好に補正することができるが、コマ収差には若干の影響もあり、トラッキング等で対物レンズを光軸と直角方向に移動(シフト)した場合に性能が悪化することにも考慮する必要があるため、高 NA (SD) においては、ディスク基板の厚さの変化は特定値の 20% 以内が望ましい。例えば NA=0.6 でディスク基板の特定厚さが 0.6 mm のときは ± 0.12 mm 位に止めるのが良い。

【0011】次にコンパクトディスク (CD) 用として用いるときは、使用波長が 780 nm と長く、NA=0.45 が現状である。高密度光ディスク (SD) における波長は 650 nm, 635 nm 等であるから、これらの波長を使用した場合、コンパクトディスク (CD) に必要な NA_{c0} は使用波長 650 nm のとき

$$NA_{c0} = 0.45 \cdot (650 / 780) = 0.375$$

使用波長 635 nm のとき

$$NA_{c0} = 0.45 \cdot (635 / 780) = 0.366$$

で良いことになり、ディスク基板厚みが 0.6 mm から 1.2 mm と大きく変化しても充分高性能の結果が得られる。そのためには、第 1 負レンズの手前が第 1 負レンズと第 2 正レンズの間、または第 2 正レンズと対物レンズとの間に絞りを挿入すると良い。なお、ディスク基板の厚みの変化に対する全系像点位置の変化に対しては対物レンズの微少移動により行う。

【0012】次に条件式 (1) について説明する。条件式 (1) は第 1 負レンズと第 2 正レンズの焦点距離の関係を定めるものである。(SD) を対象に対物レンズがディスク基板厚みの小さい値を特定し、この組合せのもとに収差を極限まで除去した場合、ディスク基板厚みが増加する (CD) においては、球面収差が補正過剰となるため、対物レンズに入射する光は有限距離物体からの発散光束とならなければならないが、条件式 (1) の範囲を超えて上記目的を達成させる時は第 1 負レンズと第 2 正レンズの軸上間隔が負となり、実現不可能となるからである。

【0013】条件式 (2) はコリメータからの平行光束が入射する第 1 負レンズの第 1 面の曲率半径を負とする

もので、第1負レンズと第2正レンズで構成されるコンバータと対物レンズとの相互偏心による性能低下を防ぐためのものである。トラッキング等により対物レンズが光軸と直角方向に移動（シフト）する場合、上記第1負レンズと第2正レンズで構成されるコンバータも同時にシフトできれば問題はないが、機構の複雑化を防ぐために、対物レンズのみをシフトするときは、偏心による性能低下が生ずる。この量は第1負レンズの第1面の屈折力が正となるときの性能低下が著しくなる。

【0014】条件式(3)は第1負レンズの像側の面と第2正レンズの光源側の面とによる空気レンズの屈折力を正とし、この両面の間に発散作用を生ぜしめるためのもので、条件式(2)と同様に第1負レンズと第2正レンズで構成されるコンバータと対物レンズの相互偏心による性能低下を防ぐもので、この条件を超えるとトラッキング等により、対物レンズが光軸と直角方向に移動（シフト）した時に偏心による性能低下が大きくなる。

【0015】条件式(4)は第1負レンズと対物レンズとの焦点距離の関係を定めるものである。第1負レンズと第2正レンズの屈折力が大きく、その和の絶対値が小さいときは、ディスク基板の厚みの変化に対し、上記2レンズ間の光軸上の間隔の変化量も小さくなり、よりコンパクト化が可能となる。しかしコリメータからの平行光束（無限遠光束）が第1負レンズと第2正レンズで構成されるコンバータ系を通過し、平行光束（無限遠光束）が対物レンズに入射する場合は第1負レンズの焦点距離を f_{c1} 、NAを NA_{c1} 、対物レンズの焦点距離を f_o 、NAを NA_o とすると

$$-f_{c1}/f_o = NA_{c1}/NA_o$$

なる関係式が成り立つ。条件式(4)は第1負レンズの NA_{c1} を対物レンズの NA_o の1/2未満、すなわち対物レンズの $NA_o = 0.6$ のときは、第1負レンズの NA_{c1} が0.3未満に定めるもので、この条件式を外れると第1負レンズのNAが過大となり、球面収差を悪化させる。なお、本発明対物光学系の第1負レンズ、第2正レンズのディスク基板厚みの変化に際し、移動するコン

バータ系に非球面を導入して性能の向上をさらに図ることは本発明の条件範囲を逸脱するものではない。ただし、トラッキング等により、対物レンズのみがシフトする場合には、上記コンバータ系と対物レンズの相互偏心による性能維持への配慮が必要である。

【0016】

【発明の実施の形態】次に本発明のディスク基板厚み可変の対物光学系の実施例1から実施例8までを第1表から第8表に示す。表中の記号は次の通りである。

r_i : 順次に球面の曲率半径または非球面の頂点曲率半径

d_i : 順次にレンズの光軸上の厚みまたは空気間隔

n_i : 順次にレンズの材質の波長650nmにおける屈折率

t : ディスク基板の光軸上の厚み

n_o : ディスク基板の材質の波長650nmにおける屈折率

WD : 作動距離

f : 全系の焦点距離

f_{c1} : 第1負レンズの焦点距離

f_{c2} : 第2正レンズの焦点距離

f_o : 対物レンズの焦点距離

NA : 全系のNA

NA_o : 対物レンズのNA

L_{1o} : 対物レンズの設計に用いた物体距離 ($t = 0.6$)

(有限距離物体からの発散光束が入射するとき (-))

非球面の形状の式は

X : 非球面上の点のレンズ面頂点における接平面からの距離

h : 光軸からの高さ

C : 非球面頂点の曲率 ($C = 1/r$)

K : 円錐定数

A_{2i} : 非球面係数

とするとき

【式1】

$$X = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)C^2h^2}} + \sum_{i=2}^9 A_{2i}h^{2i}$$

で表される。なお、ディスク基板厚さ $t = 0.6$ のときの対物レンズの有効径を $t = 0.5$ および $t = 0.7$ にも使用し、 $t = 1.2$ のときは絞りにより計算を行っ

た。

【表1】

7
実施例1

$$f_{c1} = -16.810 \quad f_{c2} = 25.942 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{IM} = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= -16.180 & d_1 &= 1.5 & n_1 &= 1.58642 \\ r_2 &= 26.093 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 108.978 & d_3 &= 2.0 & n_2 &= 1.58642 \\ r_4 &= -17.561 & d_4 &= 5.0 & & \\ r_5 &= 2.75 & d_5 &= 3.4 & n_3 &= 1.49936 \\ r_6 &= -7.228 & WD &= \text{可変} & & \\ r_7 &= \infty & t &= \text{可変} & n_b &= 1.57747 \\ r_8 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	9.52	7.55	6.02	1.46
f	2.712	2.907	3.078	3.734
NA	0.605	0.600	0.596	0.375
WD	2.272	2.264	2.249	2.118

非球面係数

非球面	r ₅	r ₆
K	-7.59018×10^{-1}	-2.89545×10
A ₄	1.31123×10^{-9}	5.04544×10^{-4}
A ₆	2.39974×10^{-5}	1.34683×10^{-6}
A ₈	-6.00326×10^{-7}	-1.10963×10^{-5}
A ₁₀	1.49845×10^{-9}	-2.16471×10^{-6}
A ₁₂	1.19194×10^{-9}	-2.39574×10^{-7}
A ₁₄	-8.33804×10^{-10}	4.79899×10^{-9}
A ₁₆	-3.63570×10^{-10}	9.88653×10^{-9}
A ₁₈	-9.18546×10^{-11}	-5.23731×10^{-10}

絞り位置 対物レンズの手前 2.0

$$|r_3|/r_2 = 4.177$$

$$-f_{c1}/f_M = 3.736$$

9
実施例2

$$f_{c1} = -16.841 \quad f_{c2} = 26.053 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{1M} = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= -13.927 & d_1 &= 1.5 & n_1 &= 1.58642 \\ r_2 &= 35.306 & d_2 &= \text{可変} \\ r_3 &= 52.148 & d_3 &= 2.0 & n_2 &= 1.58642 \\ r_4 &= -21.302 & d_4 &= 5.0 \\ r_5 &= 2.75 & d_5 &= 3.4 & n_3 &= 1.49936 \\ r_6 &= -7.228 & WD &= \text{可変} \\ r_7 &= \infty & t &= \text{可変} & n_b &= 1.57747 \\ r_8 &= \infty \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	9.98	8.05	6.52	2.02
f	2.682	2.866	3.031	3.648
NA	0.606	0.601	0.597	0.375
WD	2.266	2.255	2.238	2.096

非球面係数

非球面	r ₅	r ₆
K	-7.59018×10^{-1}	-2.89545×10
A ₄	1.31123×10^{-9}	5.04544×10^{-4}
A ₆	2.39974×10^{-5}	1.34683×10^{-6}
A ₈	-6.00326×10^{-7}	-1.10963×10^{-5}
A ₁₀	1.49845×10^{-9}	-2.16471×10^{-6}
A ₁₂	1.19194×10^{-9}	-2.39574×10^{-7}
A ₁₄	-8.33804×10^{-10}	4.79899×10^{-9}
A ₁₆	-3.63570×10^{-10}	9.88653×10^{-9}
A ₁₈	-9.18546×10^{-11}	-5.23731×10^{-10}

絞り位置 対物レンズの手前 2.0

$$|r_5|/r_2 = 1.477$$

$$-f_{c1}/f_M = 3.742$$

11
 実施例3

12

$$f_{c1} = -11.967 \quad f_{c2} = 18.026 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{1M} = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= -16.307 & d_1 &= 1.5 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= 26.298 & d_2 &= \text{可変} \\ r_3 &= 106.757 & d_3 &= 2.0 & n_2 &= 1.82793 \\ r_4 &= -17.203 & d_4 &= 2.0 \\ r_5 &= 2.75 & d_5 &= 3.4 & n_3 &= 1.49936 \\ r_6 &= -7.228 & WD &= \text{可変} \\ r_7 &= \infty & t &= \text{可変} & n_b &= 1.57747 \\ r_8 &= \infty \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	5.51	4.54	3.78	1.35
f	2.833	3.000	3.146	3.722
NA	0.606	0.600	0.595	0.375
WD	2.277	2.271	2.258	2.140

非球面係数

非球面	r_s	r_g
K	-7.59018×10^{-1}	-2.89545×10
A ₄	1.31123×10^{-3}	5.04544×10^{-4}
A ₆	2.39974×10^{-5}	1.34683×10^{-6}
A ₈	-6.00326×10^{-7}	-1.10963×10^{-5}
A ₁₀	1.49845×10^{-9}	-2.16471×10^{-6}
A ₁₂	1.19194×10^{-9}	-2.39574×10^{-7}
A ₁₄	-8.33804×10^{-10}	4.79899×10^{-9}
A ₁₆	-3.63570×10^{-10}	9.88653×10^{-9}
A ₁₈	-9.18546×10^{-11}	-5.23731×10^{-10}

$$\begin{aligned} \text{絞り位置} & \quad \text{対物レンズの手前} \quad 1.0 \\ |r_3|/r_2 &= 4.060 \\ -f_{c1}/f_M &= 2.659 \end{aligned}$$

実施例 4

$$f_{c1} = -11.966 \quad f_{c2} = 18.643 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{IM} = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= -15.05 & d_1 &= 1.5 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= 30.30 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= -500.00 & d_3 &= 2.0 & n_2 &= 1.82793 \\ r_4 &= -15.00 & d_4 &= 2.0 & & \\ r_5 &= 2.75 & d_5 &= 3.4 & n_3 &= 1.49936 \\ r_6 &= -7.228 & WD &= \text{可変} & & \\ r_7 &= \infty & t &= \text{可変} & n_4 &= 1.57747 \\ r_8 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	5.99	4.93	4.11	1.53
f	2.731	2.902	3.050	3.633
NA	0.606	0.600	0.595	0.375
WD	2.276	2.271	2.259	2.141

非球面係数

非球面	r_5	r_6
K	-7.59018×10^{-1}	-2.89545×10^{-1}
A ₄	1.31123×10^{-2}	5.04544×10^{-4}
A ₆	2.39974×10^{-5}	1.34683×10^{-6}
A ₈	-6.00326×10^{-7}	-1.10963×10^{-5}
A ₁₀	1.49845×10^{-9}	-2.16471×10^{-6}
A ₁₂	1.19194×10^{-9}	-2.39574×10^{-7}
A ₁₄	-8.33804×10^{-10}	4.79899×10^{-8}
A ₁₆	-3.63570×10^{-10}	9.88653×10^{-9}
A ₁₈	-9.18546×10^{-11}	-5.23731×10^{-10}

$$\begin{aligned} \text{絞り位置} & \quad \text{対物レンズの手前} \quad 1.0 \\ |r_3|/r_2 &= 16.502 \\ -f_{c1}/f_M &= 2.659 \end{aligned}$$

15
実施例 5

16

$$f_{c1} = -11.955 \quad f_{c2} = 18.062 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{1M} = \infty$$

$$r_1 = -20.13 \quad d_1 = 1.5 \quad n_1 = 1.82793$$

$$r_2 = 20.13 \quad d_2 = \text{可変}$$

$$r_3 = 43.67 \quad d_3 = 2.0 \quad n_2 = 1.82793$$

$$r_4 = -22.27 \quad d_4 = 2.0$$

$$r_5 = 2.75 \quad d_5 = 3.4 \quad n_3 = 1.49936$$

$$r_6 = -7.228 \quad WD = \text{可変}$$

$$r_7 = \infty \quad t = \text{可変} \quad n_b = 1.57747$$

$$r_8 = \infty$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	6.03	5.06	4.28	1.78
f	2.801	2.962	3.106	3.679
NA	0.606	0.600	0.595	0.375
WD	2.268	2.261	2.248	2.131

非球面係数

非球面	r _s	r ₈
K	-7.59018×10^{-1}	-2.89545×10
A ₄	1.31123×10^{-3}	5.04544×10^{-4}
A ₆	2.39974×10^{-5}	1.34683×10^{-6}
A ₈	-6.00326×10^{-7}	-1.10963×10^{-5}
A ₁₀	1.49845×10^{-9}	-2.16471×10^{-6}
A ₁₂	1.19194×10^{-9}	-2.39574×10^{-7}
A ₁₄	-8.33804×10^{-10}	4.79899×10^{-9}
A ₁₆	-3.63570×10^{-10}	9.88653×10^{-9}
A ₁₈	-9.18546×10^{-11}	-5.23731×10^{-10}

絞り位置 対物レンズの手前 1.0
 $|r_s|/r_2 = 2.169$
 $-f_{c1}/f_M = 2.657$

実施例6

$$f_{c1} = -11.994 \quad f_{c2} = 17.912 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{IM} = \infty$$

$$r_1 = -35.682$$

$$d_1 = 1.5$$

$$n_1 = 1.82793$$

$$r_2 = 14.021$$

$$d_2 = \text{可変}$$

$$r_3 = 29.20$$

$$d_3 = 2.0$$

$$n_2 = 1.82793$$

$$r_4 = -29.20$$

$$d_4 = 2.0$$

$$r_5 = 2.75$$

$$d_5 = 3.4$$

$$n_3 = 1.49936$$

$$r_6 = -7.228$$

$$WD = \text{可変}$$

$$r_7 = \infty$$

$$t = \text{可変}$$

$$n_4 = 1.57747$$

$$r_8 = \infty$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	6.12	5.1	4.3	1.53
f	2.846	3.019	3.171	3.839
NA	0.606	0.60	0.595	0.375
WD	2.271	2.269	2.259	2.176

非球面係数

非球面	r ₅	r ₆
K	-7.59018×10^{-1}	-2.89545×10
A ₄	1.31123×10^{-8}	5.04544×10^{-4}
A ₆	2.39974×10^{-5}	1.34683×10^{-5}
A ₈	-6.00326×10^{-7}	-1.10963×10^{-5}
A ₁₀	1.49845×10^{-9}	-2.16471×10^{-6}
A ₁₂	1.19194×10^{-9}	-2.39574×10^{-7}
A ₁₄	-8.33804×10^{-10}	4.79899×10^{-9}
A ₁₆	-3.63570×10^{-10}	9.88653×10^{-9}
A ₁₈	-9.18546×10^{-11}	-5.23731×10^{-10}

絞り位置 対物レンズの手前 1.0

$$|r_3|/r_2 = 2.083$$

$$-f_{c1}/f_M = 2.665$$

実施例 7

$$f_{c1} = -11.945 \quad f_{c2} = 19.430 \quad f_M = 4.3 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{IM} = -300$$

$$\begin{aligned} r_1 &= -13.0 & d_1 &= 1.5 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= 43.5 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= -400.0 & d_3 &= 2.0 & n_2 &= 1.82793 \\ r_4 &= -15.5 & d_4 &= 2.0 & & \\ r_5 &= 2.7 & d_5 &= 3.7 & n_3 &= 1.49936 \\ r_6 &= -5.702 & WD &= \text{可変} & & \\ r_7 &= \infty & t &= \text{可変} & n_4 &= 1.57747 \\ r_8 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	5.43	4.44	3.65	1.03
f	2.687	2.845	2.986	3.569
NA	0.605	0.60	0.596	0.375
WD	2.035	2.025	2.009	1.887

非球面係数

非球面	r ₅	r ₆
K	-7.98962×10^{-1}	-2.19588×10
A ₄	1.49179×10^{-3}	3.20305×10^{-4}
A ₆	1.91505×10^{-5}	-1.75942×10^{-5}
A ₈	-1.69235×10^{-8}	-1.73427×10^{-5}
A ₁₀	-5.72618×10^{-9}	-3.39889×10^{-6}
A ₁₂	-3.85959×10^{-9}	-3.79829×10^{-7}
A ₁₄	-1.41481×10^{-9}	2.69263×10^{-8}
A ₁₆	-4.57411×10^{-10}	1.33962×10^{-8}
A ₁₈	-1.12038×10^{-10}	7.53364×10^{-11}

絞り位置 対物レンズの手前 1.0

$$|r_3|/r_2 = 9.195$$

$$-f_{c1}/f_M = 2.778$$

21
実施例 8

22

$$f_{c1} = -11.952 \quad f_{c2} = 17.835 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{1M} = 300$$

$$\begin{aligned} r_1 &= -22.2 & d_1 &= 1.5 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= 18.4 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 58.0 & d_3 &= 2.0 & n_2 &= 1.82793 \\ r_4 &= -19.5 & d_4 &= 2.0 & & \\ r_5 &= 2.8 & d_5 &= 3.3 & n_3 &= 1.49936 \\ r_6 &= -6.913 & WD &= \text{可変} & & \\ r_7 &= \infty & t &= \text{可変} & n_b &= 1.57747 \\ r_8 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
d ₂	6.93	5.8	4.92	2.16
f	2.654	2.825	2.974	3.564
NA	0.606	0.6	0.595	0.375
WD	2.291	2.287	2.275	2.163

非 球 面 係 数

非球面	r _s	r _s
K	-1.08974	-2.35194×10 ⁻⁴
A ₄	2.88628×10 ⁻³	-6.16199×10 ⁻⁴
A ₆	3.16847×10 ⁻⁵	-1.32179×10 ⁻⁴
A ₈	-6.03541×10 ⁻⁵	-2.76214×10 ⁻⁵
A ₁₀	-5.03967×10 ⁻⁷	-2.33274×10 ⁻⁵
A ₁₂	-6.87062×10 ⁻⁸	-1.20936×10 ⁻⁷
A ₁₄	-6.17509×10 ⁻⁹	4.53476×10 ⁻⁸
A ₁₆	-8.18994×10 ⁻¹⁰	1.49463×10 ⁻⁸
A ₁₈	-2.01841×10 ⁻¹⁰	-1.93636×10 ⁻⁹

$$\begin{aligned} \text{絞り位置} & \quad \text{対物レンズの手前} \quad 1.0 \\ |r_3|/r_2 &= 3.152 \\ -f_{c1}/f_M &= 2.656 \end{aligned}$$

【0017】実施例1乃至6における対物レンズは共通で特定ディスク基板厚み0.6mmにおいて無限遠物体 ($L_{1M} = \infty$) に対して収差を良好としたもので、この収差曲線を図2に示す。実施例1の収差曲線を図3および図4に、実施例2の収差曲線を図5および図6に、実施例3の収差曲線を図7および図8に、実施例4の収差曲線を図9および図10に、実施例5の収差曲線を図11および図12に、実施例6の収差曲線を図13および図14に示す。実施例7における対物レンズは特定ディスク基板厚み0.6mmにおいて対物レンズの第1面の手前300mmの有限物体からの発散光束 ($L_{1M} = -300$)

0) に対して収差を良好としたもので、この収差曲線を図15に示し、全系の収差曲線を図16および図17に示す。実施例8における対物レンズは特定ディスク基板厚み0.6mmにおいて、対物レンズの第1面より像側300mmにある物体に向かう収散光束 (超物限遠光束) ($L_{1M} = 300$) に対して収差を良好としたもので、この収差曲線を図18に示し、全系の収差曲線を図19および図20に示す。いずれの実施例においてもディスク基板厚みが増減しても良好な性能であることがわかる。

【0018】

【発明の効果】以上説明したように本発明によるディスク基板厚み可変の対物光学系は構成枚数も少なく、極めて簡単な機構にもかかわらず、高密度、大容量の光情報媒体の記録、再生において多数のディスク基板の厚みの連続変化にも充分対応し、性能も良好となし得るものである。本発明は第1負レンズ、第2正レンズがズームコンバータの働きをし、ディスク基板厚みの変化に対応したズーム対物光学系と称することができる。また第1負レンズや第2正レンズが偏心をしても性能低下が少ない特徴もある。光源側に配するコリメータのNAの選択も自由のため、光量も充分確保できるので、機構設計上の自由度も多く、回折等による光量低下の欠点もない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のディスク基板厚み可変対物光学系の実施例1における構成断面図である。

【図2】実施例1乃至6において、対物レンズのディスク基板厚み0.6における収差曲線図である。

【図3】実施例1のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図4】実施例1のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図5】実施例2のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図6】実施例2のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図7】実施例3のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図8】実施例3のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図9】実施例4のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図10】実施例4のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図11】実施例5のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図12】実施例5のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図13】実施例6のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図14】実施例6のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図15】実施例7において対物レンズのディスク基板厚み0.6における収差曲線図である。

【図16】実施例7のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

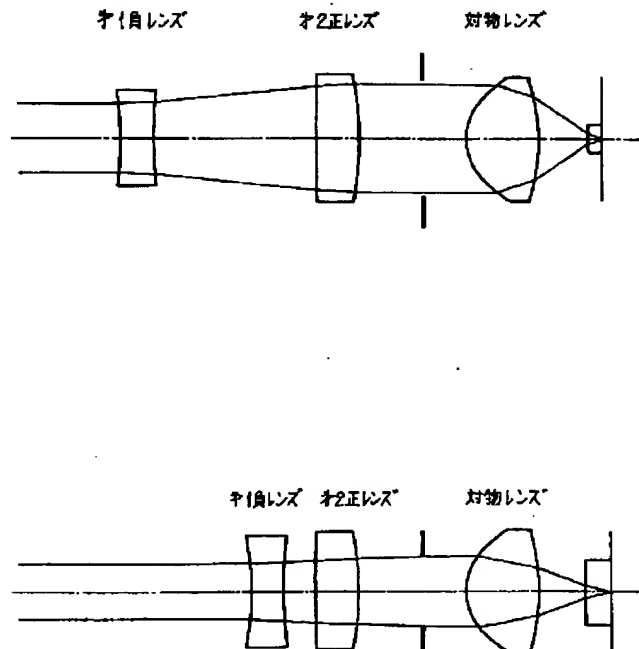
【図17】実施例7のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

【図18】実施例8において対物レンズのディスク基板厚み0.6における収差曲線図である。

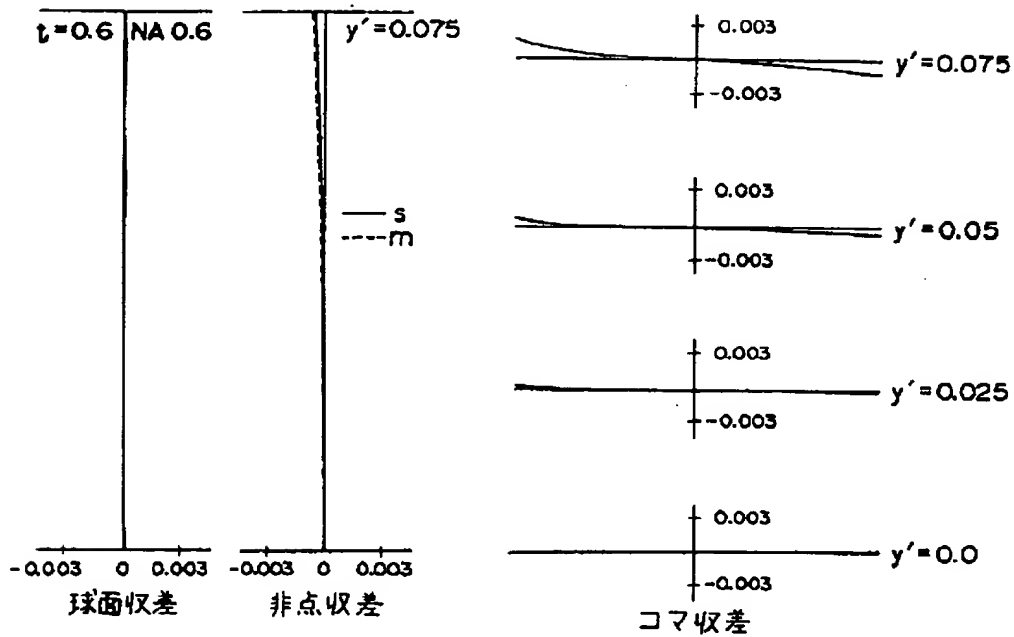
【図19】実施例8のディスク基板厚みが(a)は0.6, (b)は1.2における収差曲線図である。

【図20】実施例8のディスク基板厚みが(a)は0.5, (b)は0.7における収差曲線図である。

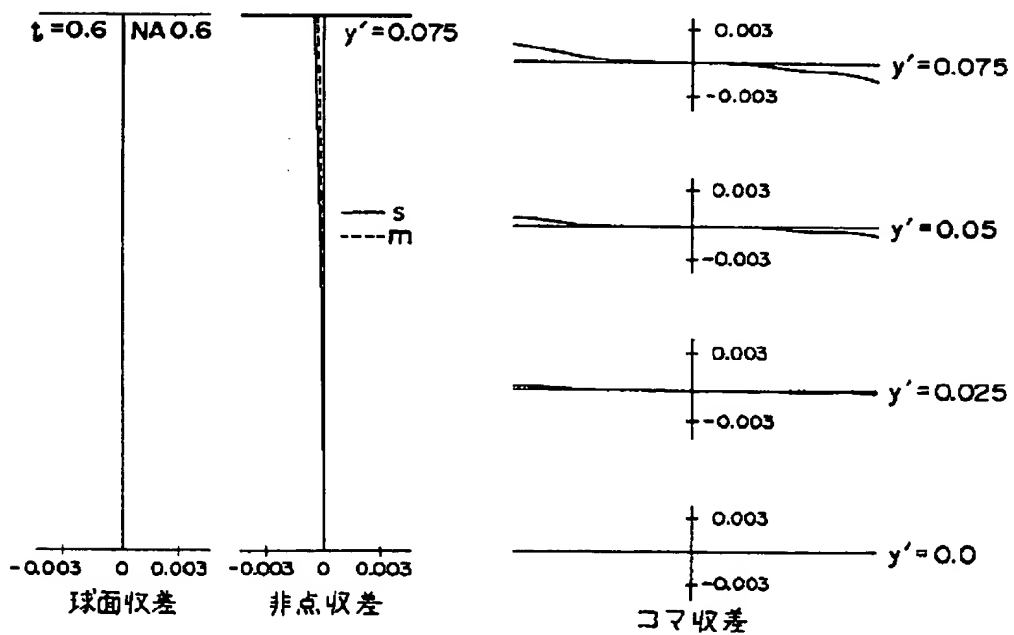
【図1】



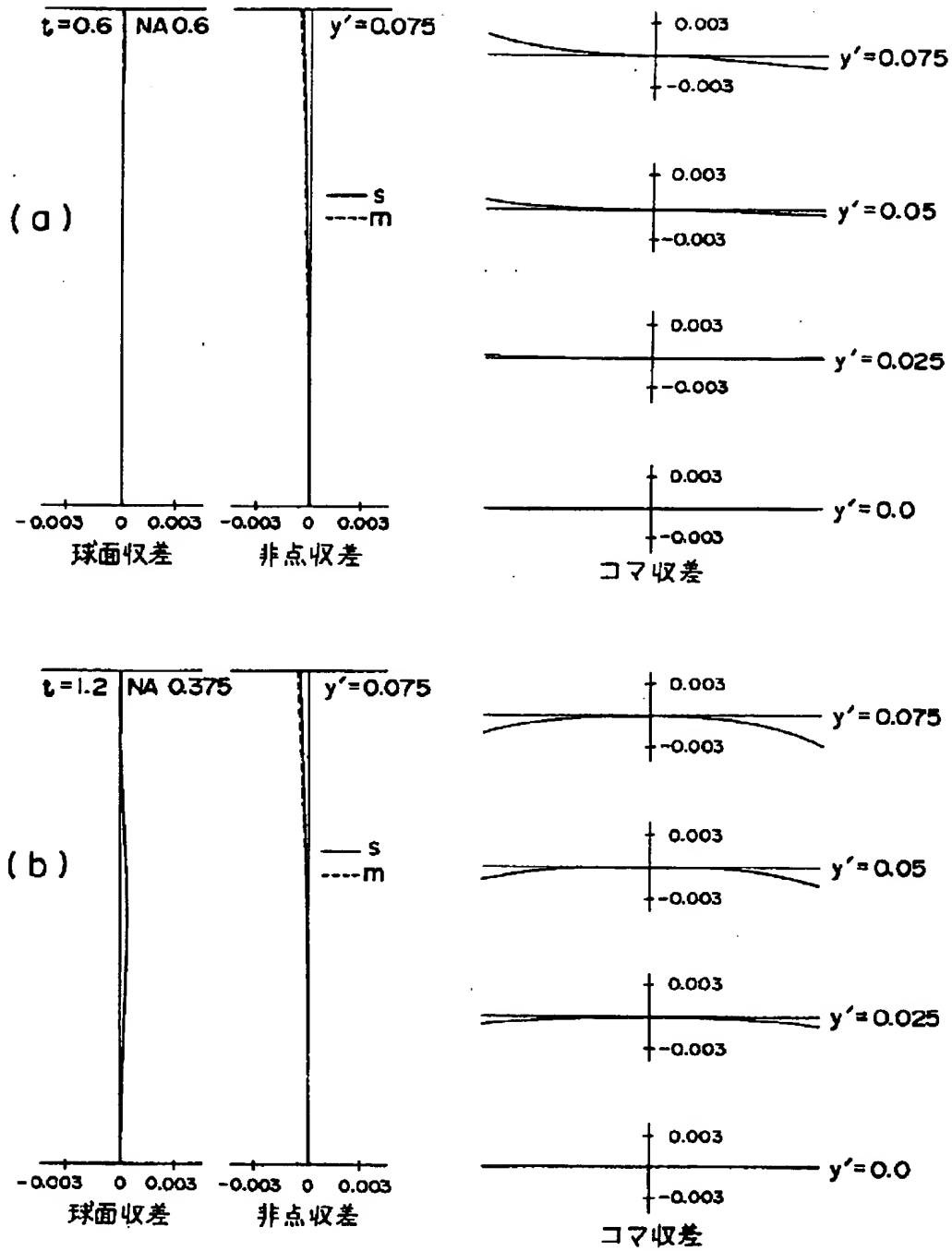
【図 2】

対物レンズ $LIM = \infty$ 

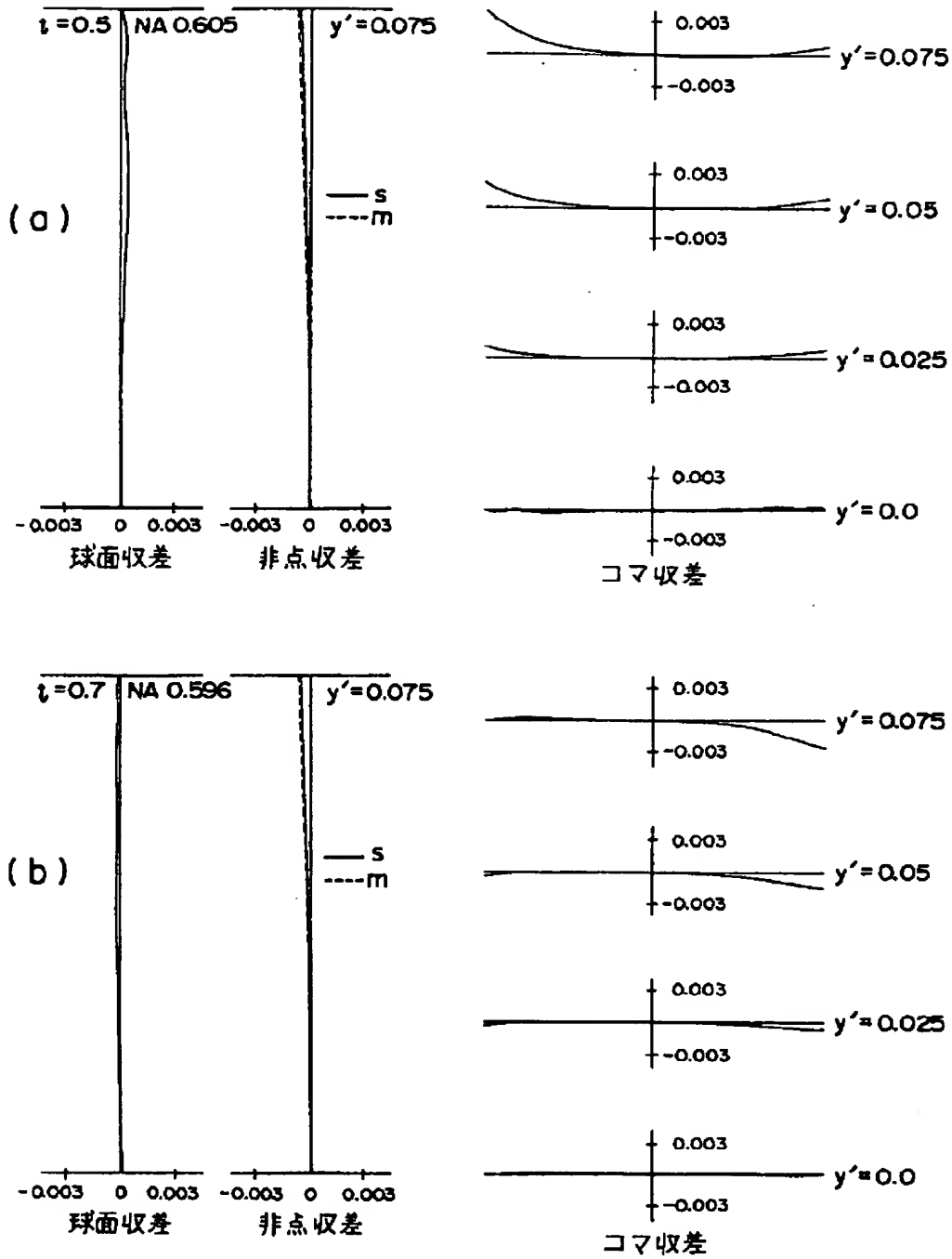
【図 15】

対物レンズ $LIM = -300$ 

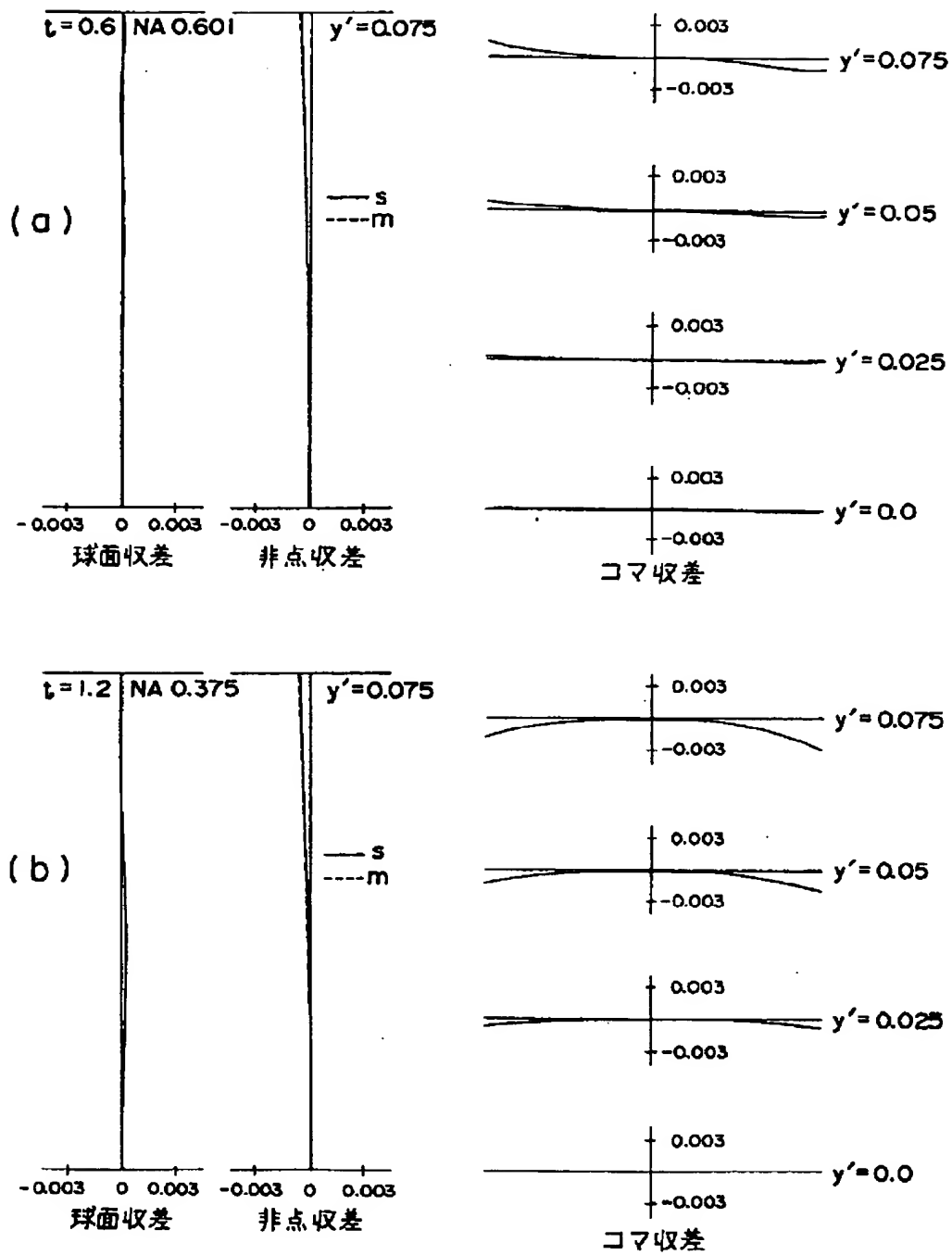
【図 3】



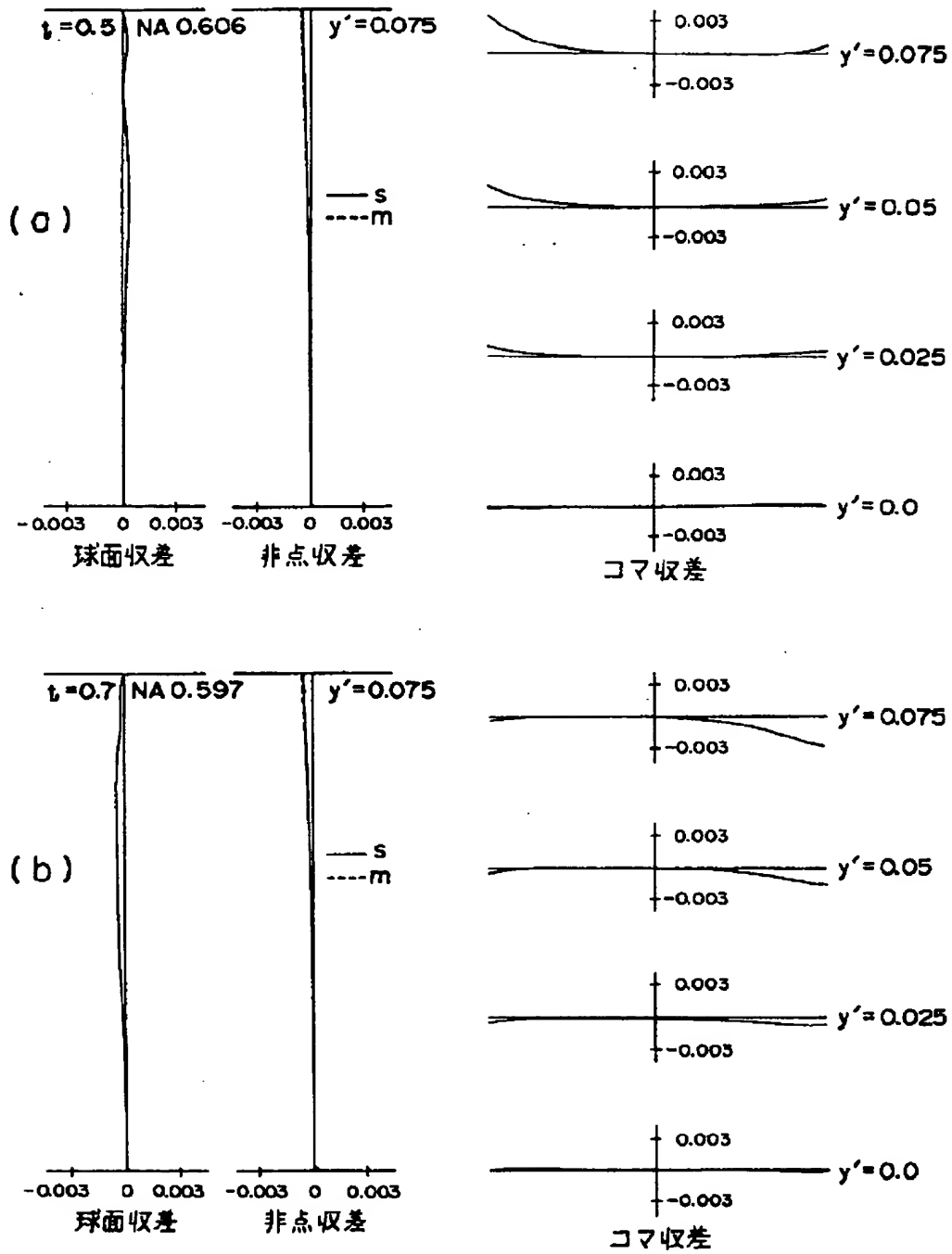
【図 4】



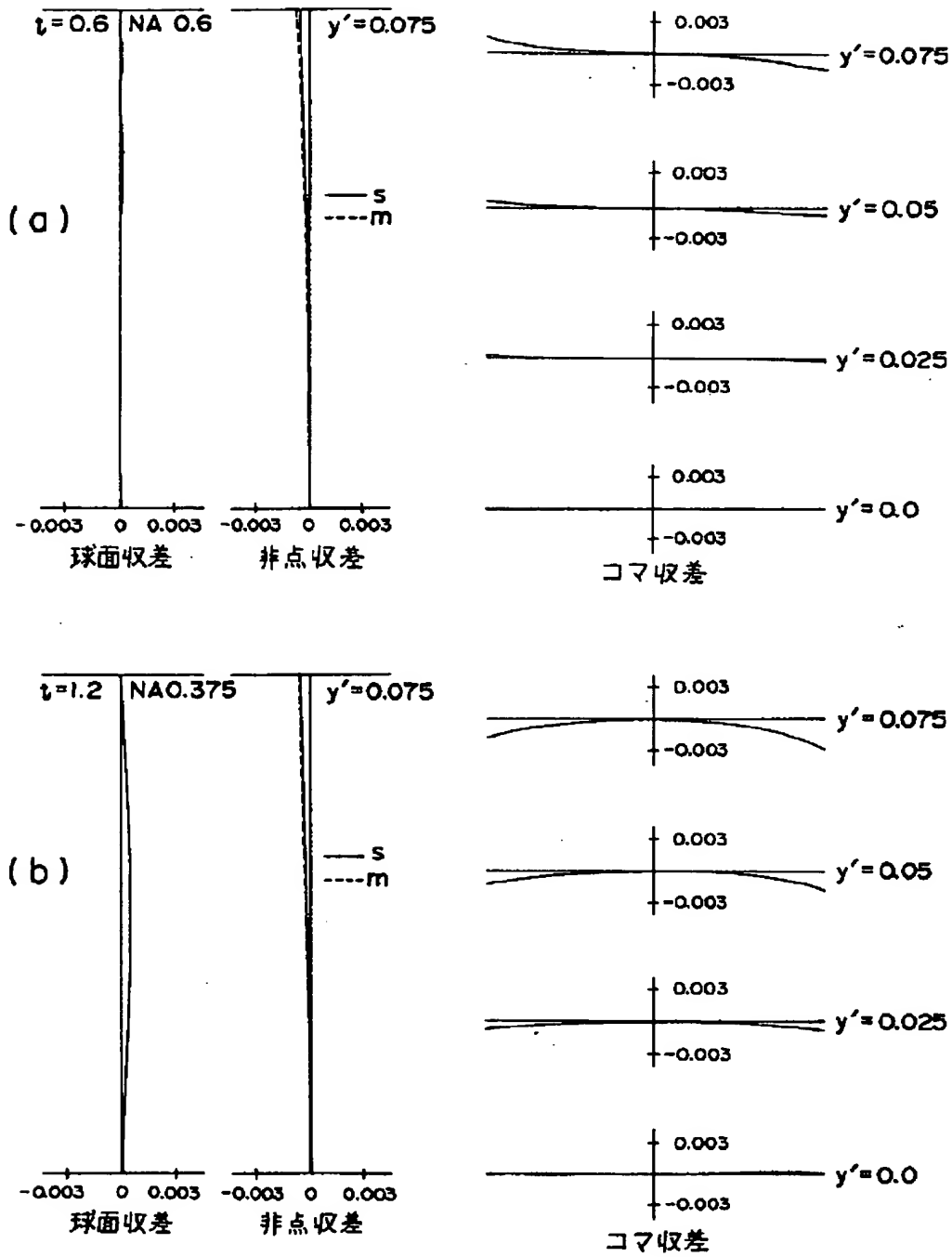
【図 5】



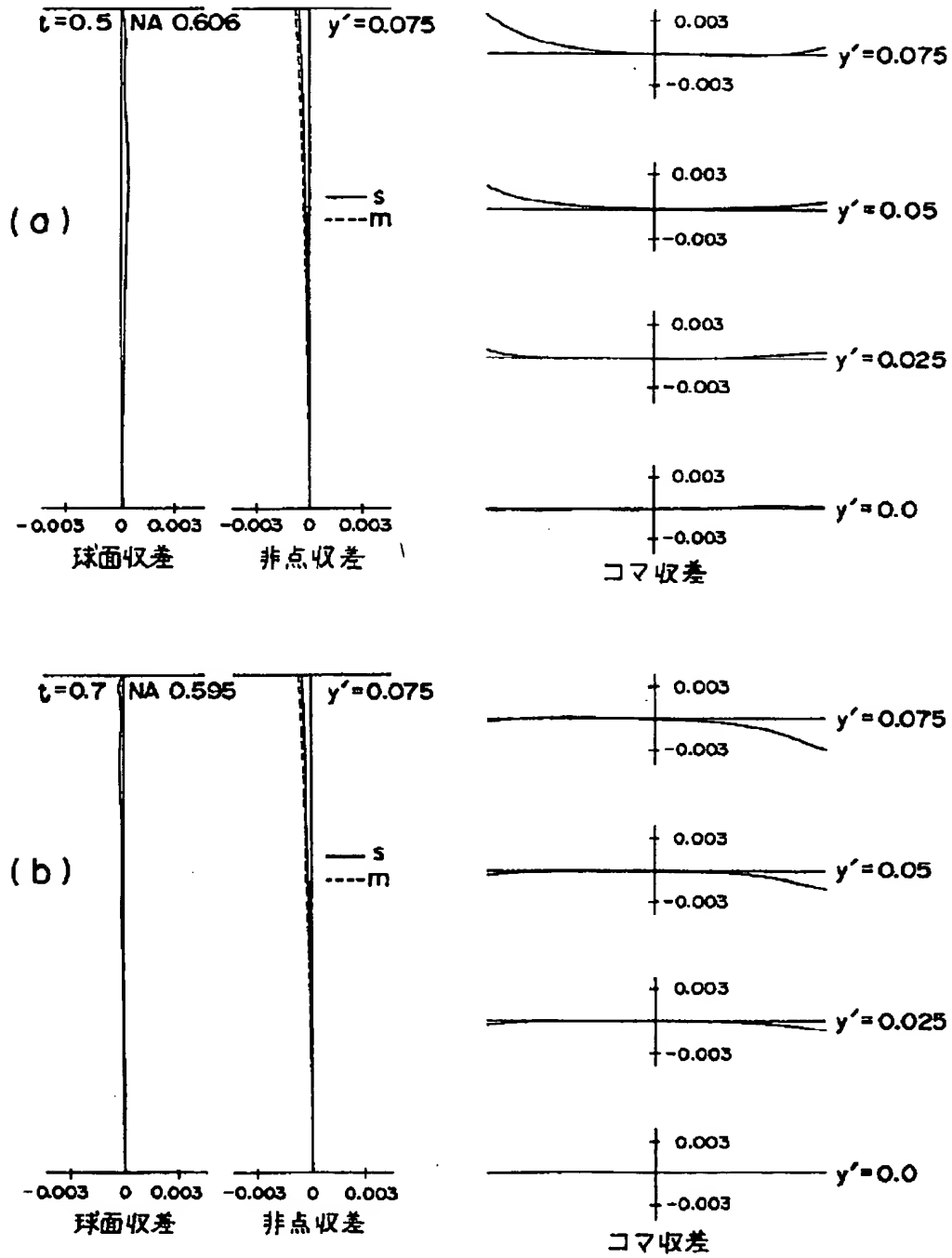
【図 6】



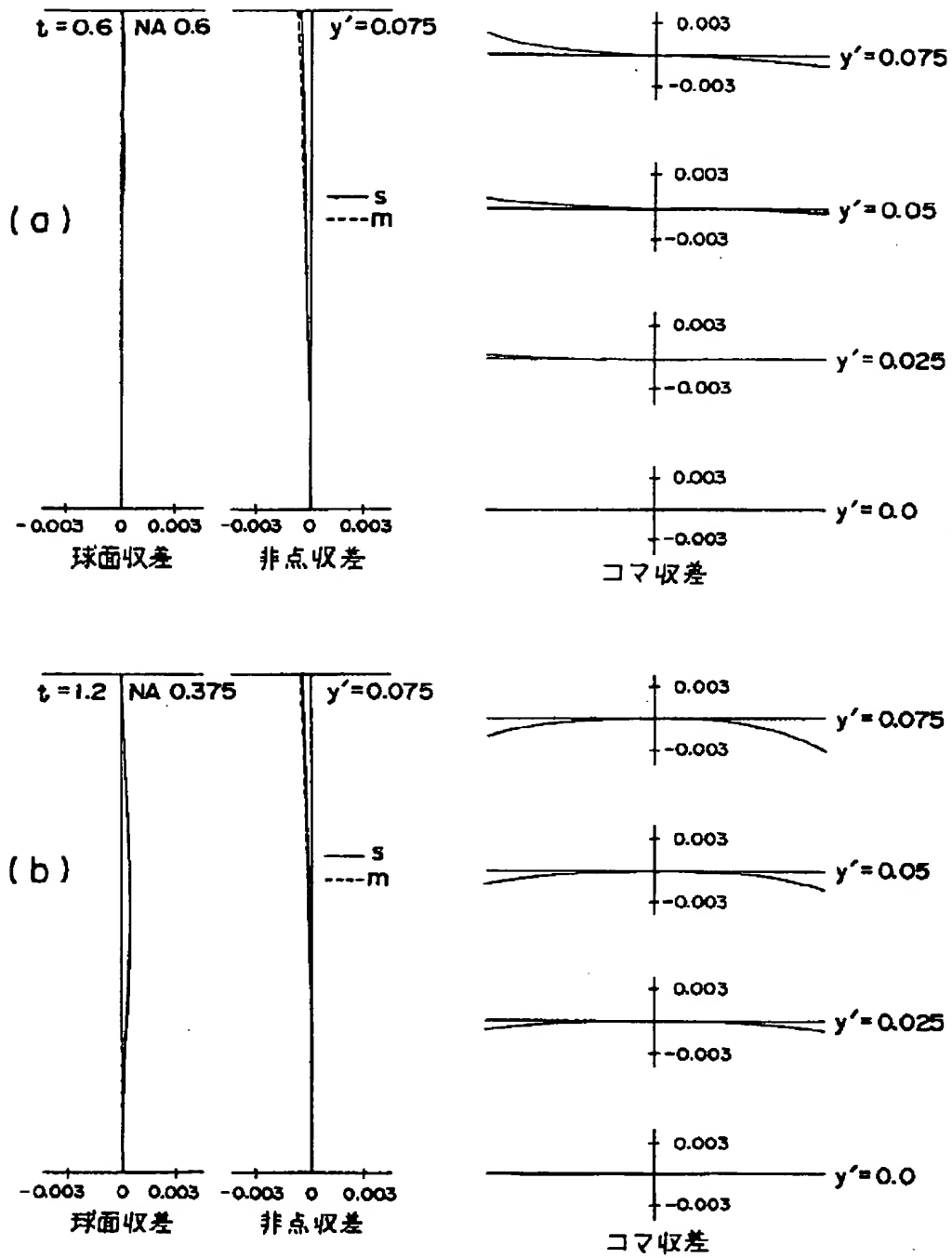
【図 7】



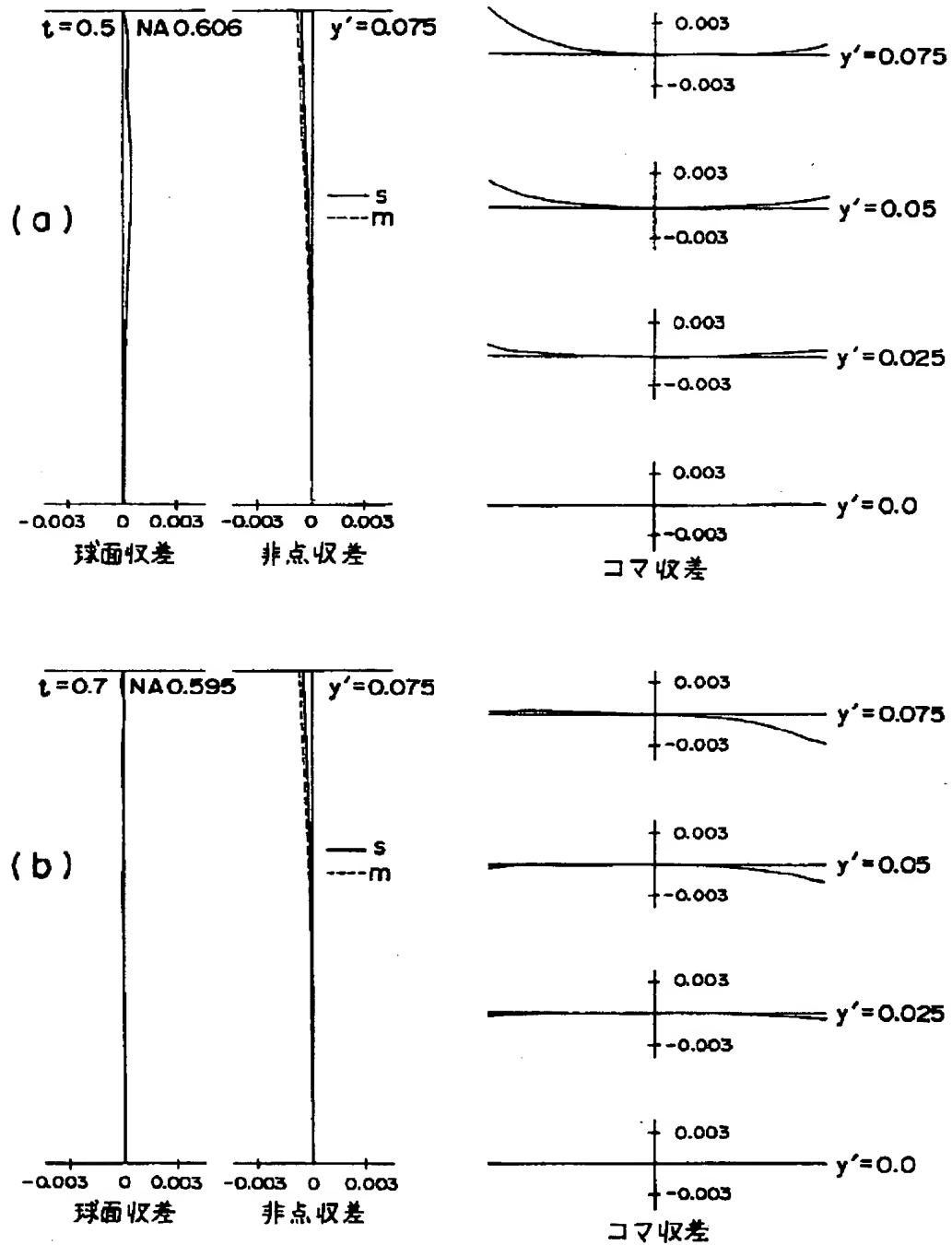
【図 8】



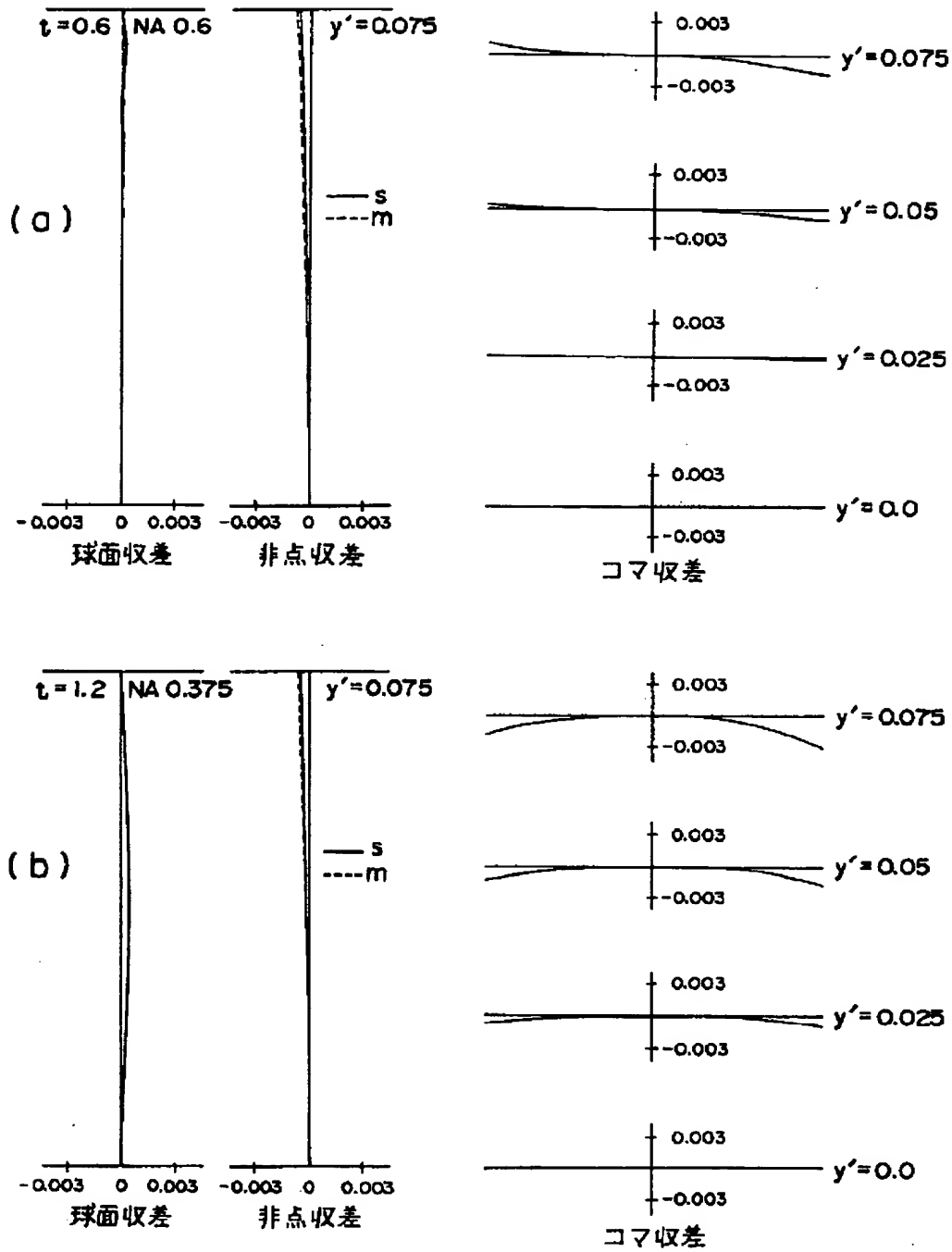
【図 9】



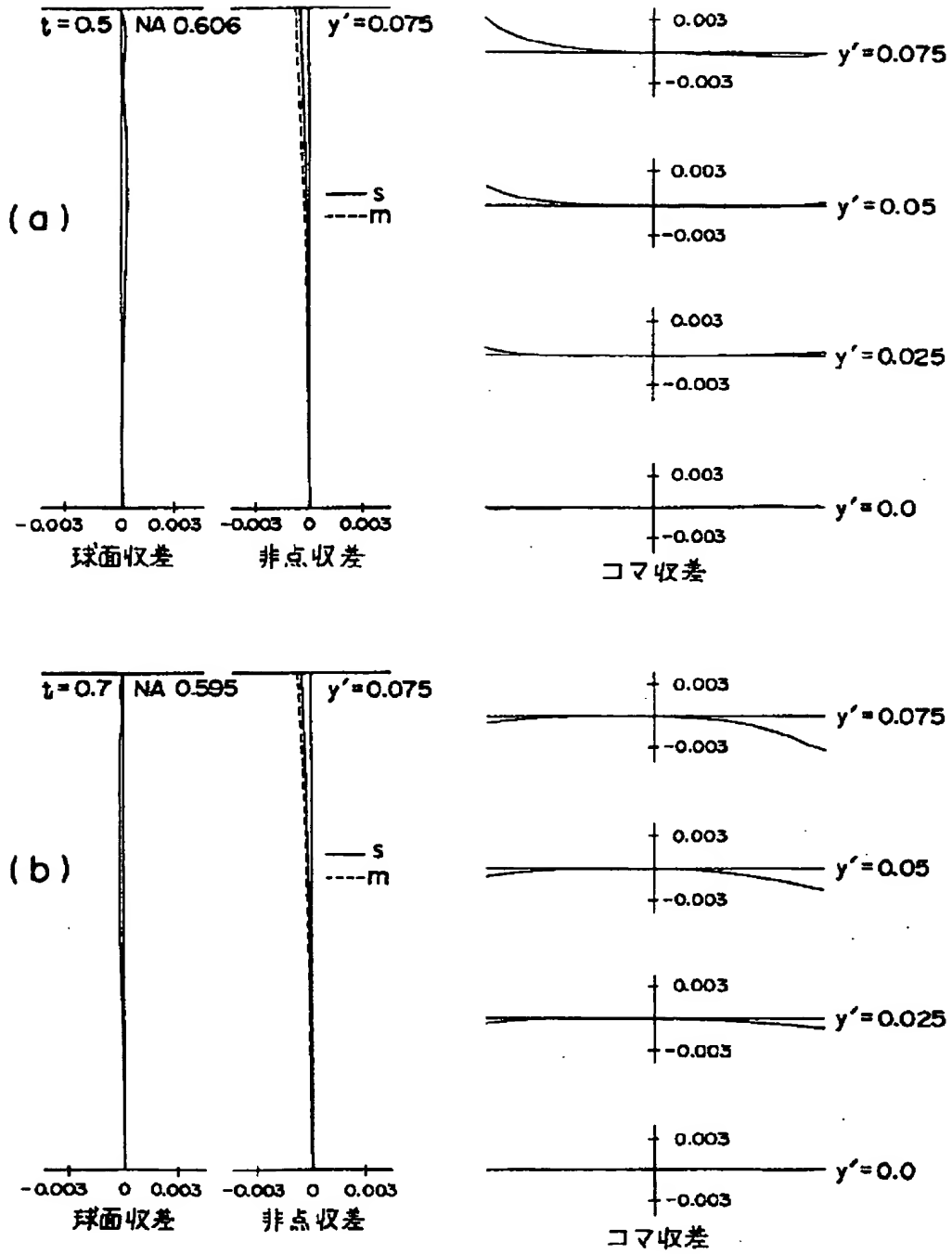
【図10】



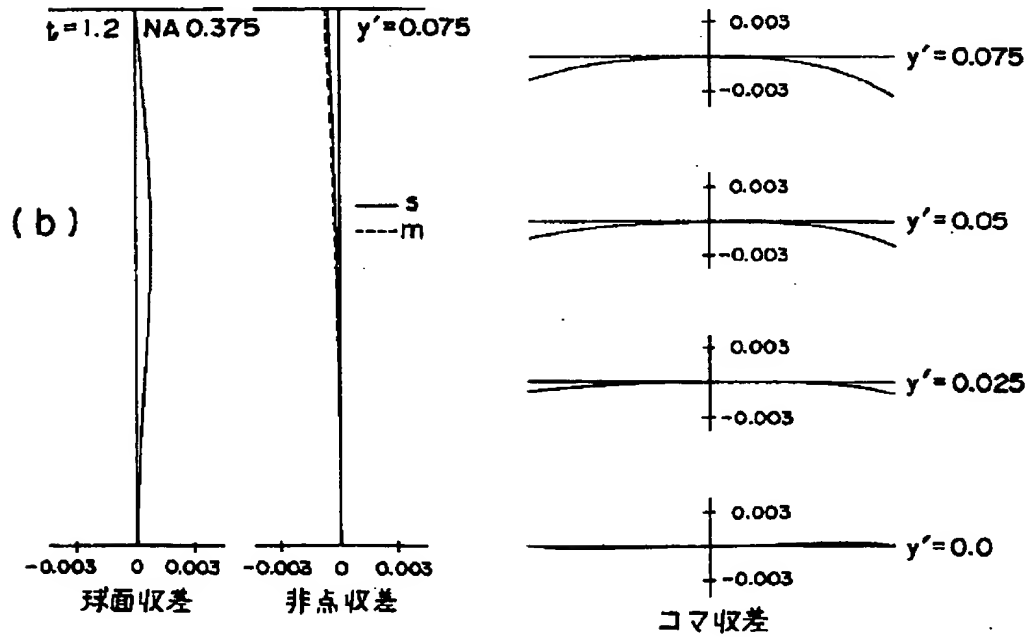
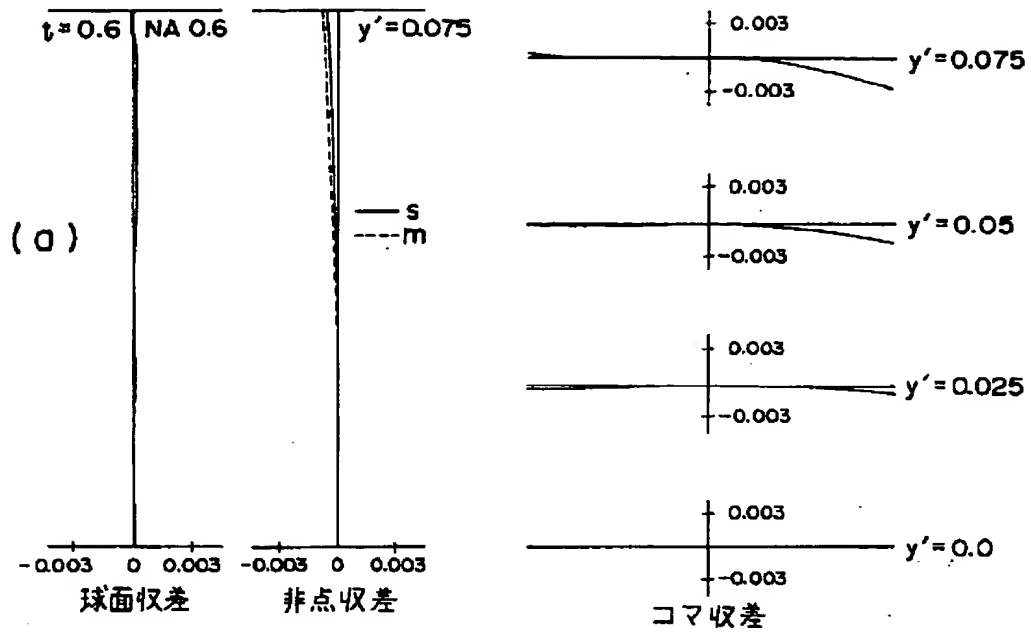
【図 1 1】



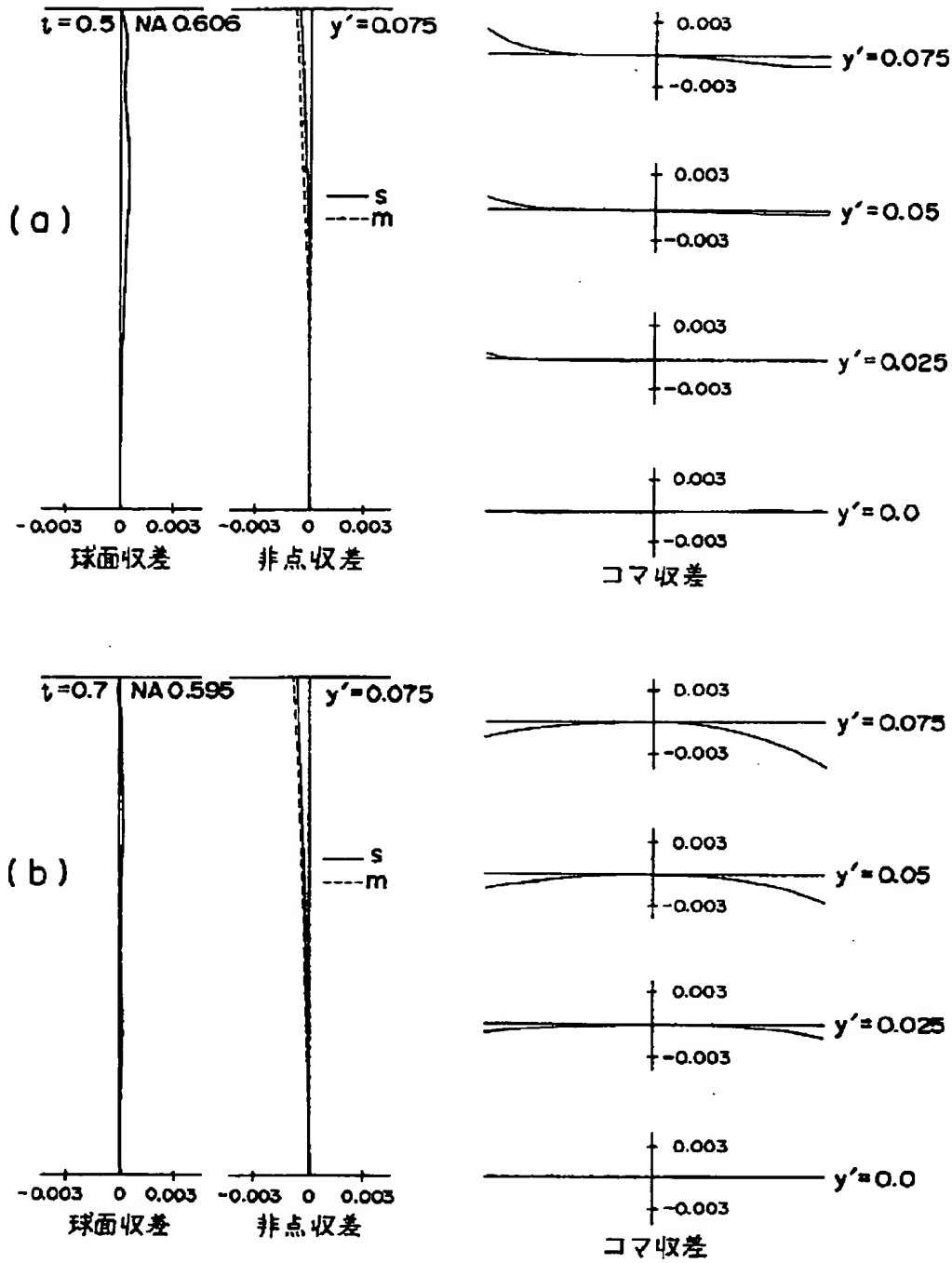
【図 1 2】



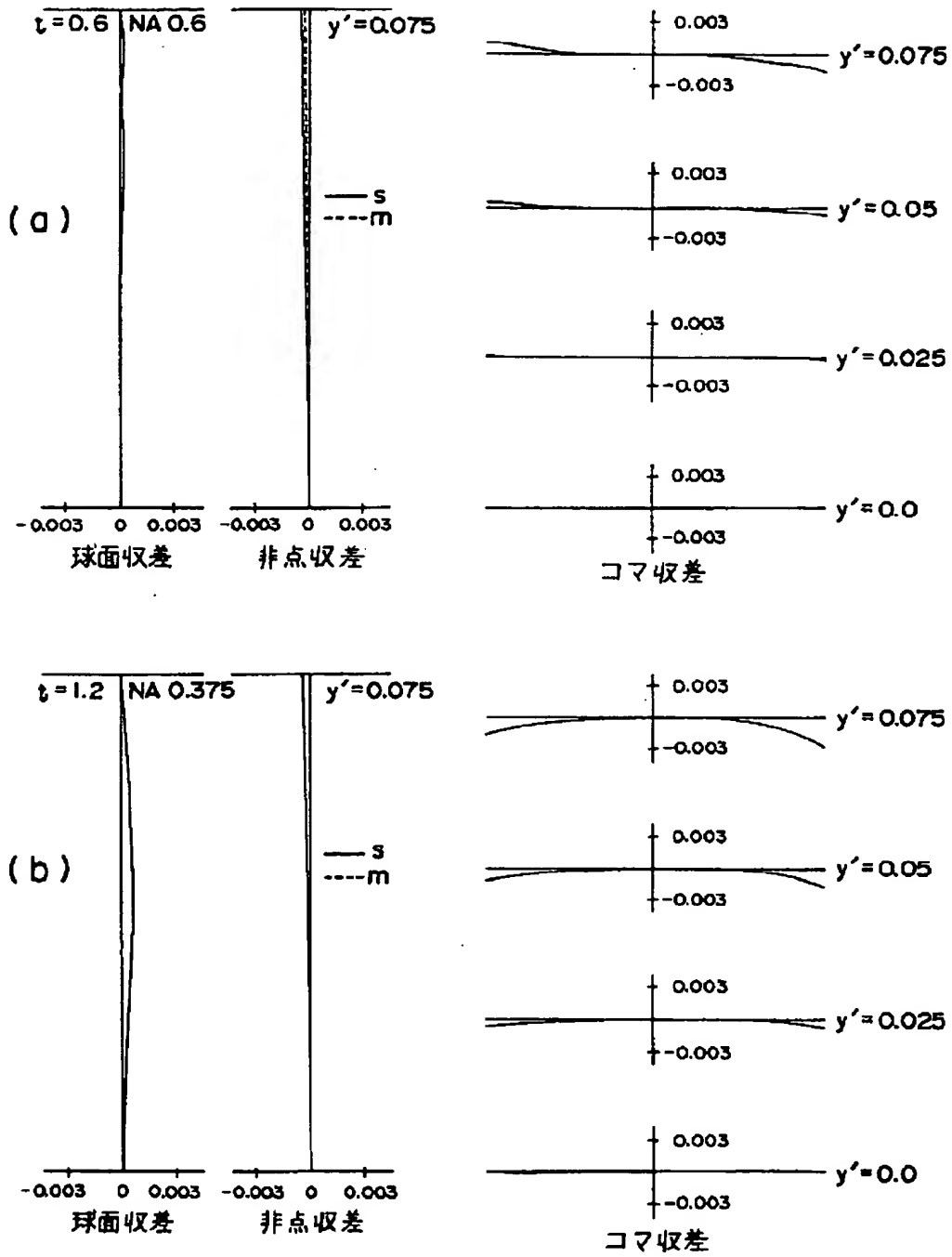
【図 1 3】



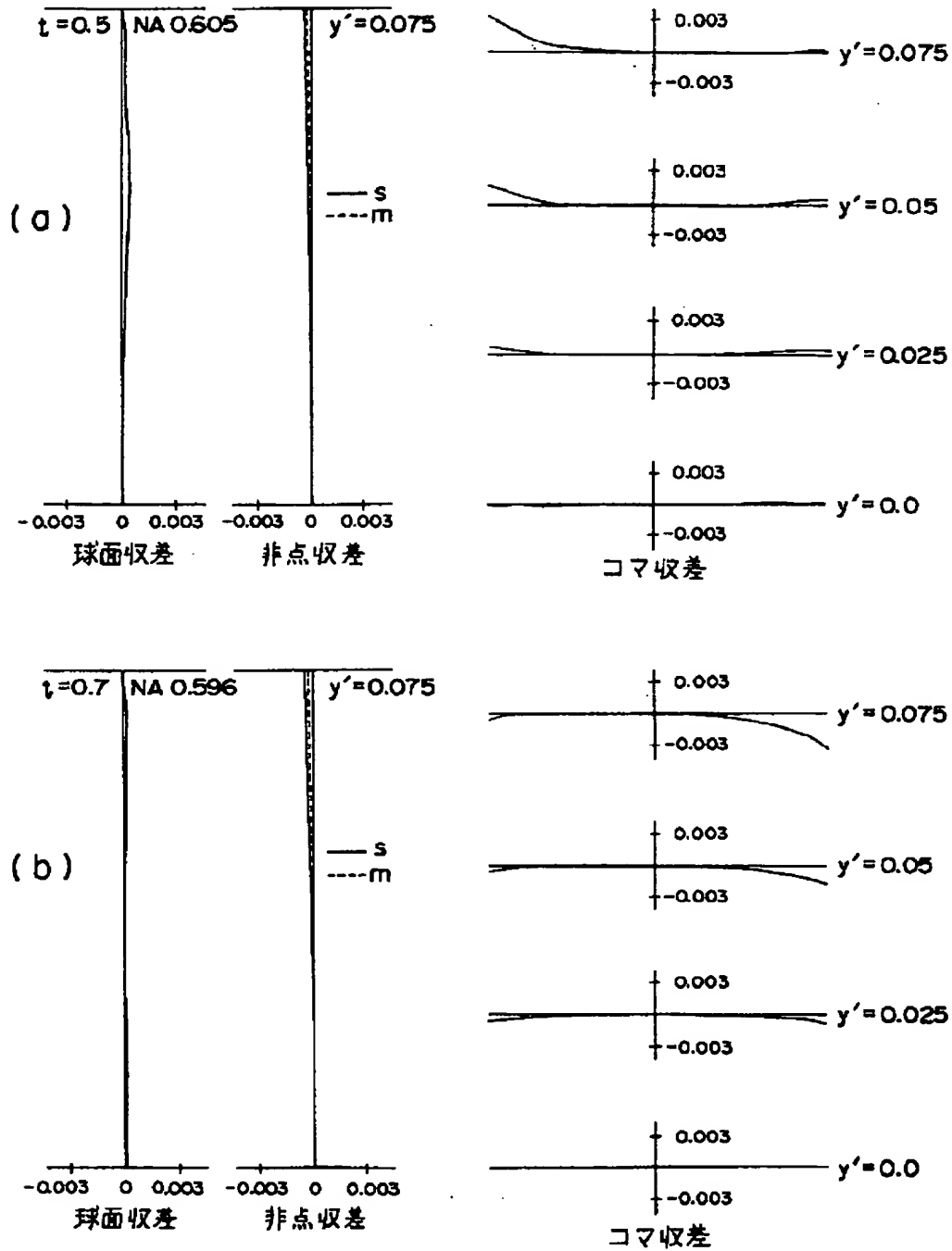
【図 1 4】



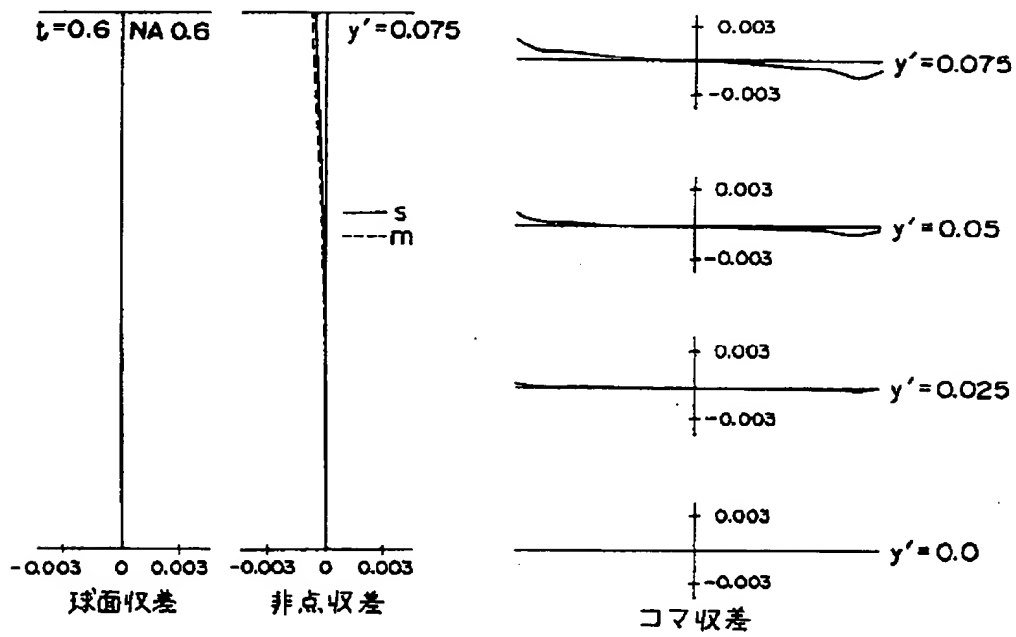
【図 1 6】



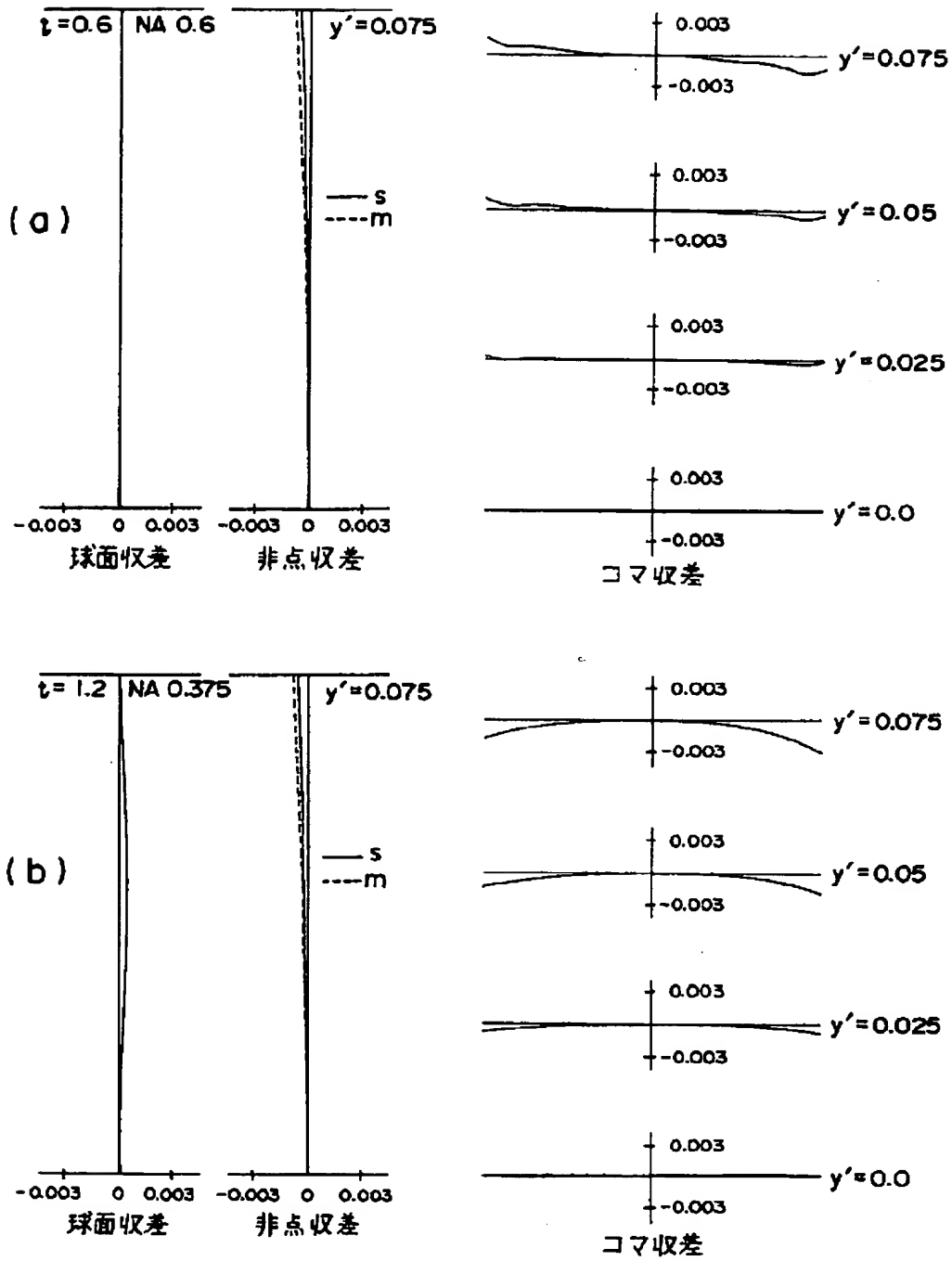
【図 17】



【図 18】

対物レンズ $LIM = 300$ 

【図 19】



【図 20】

